

(19)



Russian Agency for Patents and Trademarks

(11) Publication number: RU 2089127 C1

(46) Date of publication: 19970910

(21) Application number: 94040344

(22) Date of filing: 19941102

(51) Int. Cl: A61C5/00 A61N5/06

(71) Applicant: Al'tshuler Grigorij Borisovich Erofeev Andrej Viktorovich

(72) Inventor: Al'tshuler Grigorij Borisovich, Erofeev Andrej Viktorovich,

(73) Proprietor: Al'tshuler Grigorij Borisovich Erofeev Andrej Viktorovich

**(54) METHOD OF TREATMENT OF TOOTH HARD TISSUES BY LASER RADIATION AND DEVICE FOR ITS REALIZATION**

**(57) Abstract:**

FIELD: medical equipment, applicable in stomatology at treatment of caries and dental prosthetics. SUBSTANCE: the method consists in action of laser pulse on the tooth tissue, pulse intensity of light radiation of tissue treatment products is detected, and the type of tissue to be treated is determined according to the pulse peak amplitude. The device uses a pulsed laser and means for delivery and focusing of laser radiation arranged in succession in the optical axis, photodetector whose input is optically integrated with the focusing system focal plane, and an electric pulse amplitude meter, whose input is electrically coupled to the photodetector output, and the output is electrically coupled to the display unit input; the photodetector is installed in such a manner that the direction of its maximum sensitivity makes up angle  $\alpha$  with the direction of the optical axis at the output of the focusing system; this angle satisfies condition  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , where  $D$  - clear aperture of the focusing system output window, and  $f$  - its focal length. EFFECT: reduced danger of laser injury to patient. 6 cl, 5 dwg

(21) Application number: 94040344

(22) Date of filing: 19941102

(51) Int. Cl: A61C5/00 A61N5/06

(56) References cited:

1. Патент США N 4521194, кл. А 61 G 5/00, 1987. 2. Авторское свидетельство СССР N 1593669, кл. А 61 С 5/00, 1990. 3. WO, патент, 89/08432, кл. А 61 С 5/00, 1989. WO, патент, 90/01907, кл. А 61 С 5/00, 1990.

(71) Applicant: Альтшулер Григорий БорисовичЕрофеев Андрей Викторович

(72) Inventor: Альтшулер Григорий Борисович, Ерофеев Андрей Викторович.

(73) Proprietor: Альтшулер Григорий БорисовичЕрофеев Андрей Викторович

(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Abstract:

Изобретение относится к медицинской технике и может быть использовано в стоматологии при лечении кариеса и протезировании зубов. Основным недостатком известных способов обработки твердых тканей зуба лазерным излучением и устройств, реализующих эти способы, является высокая опасность нанесения лазерной травмы пациенту. Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является снижение опасности нанесения пациенту лазерной травмы за счет обеспечения возможности определения типа обрабатываемой ткани. Указанная задача достигается тем, что в способе обработки твердых тканей зуба лазерным излучением, включающем воздействие на ткани зуба лазерного импульса, регистрируют интенсивность импульса светового излучения продуктов обработки ткани, по пиковому значению которого определяют тип обрабатываемой ткани. Указанная задача также достигается тем, что устройство для обработки твердых тканей зуба лазерным излучением, состоящее из последовательно расположенных вдоль оптической оси импульсного лазера, а также средства доставки и фокусировки лазерного излучения, содержит фотоприемник, вход которого оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы, и измеритель амплитуды электрических импульсов, вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации, причем фотоприемник установлен таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угла альфа, удовлетворяющий условию  $\alpha > \arctan(D/2f)$ , где D - световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а f - ее фокусное расстояние. 2 с. и 4 з.п.ф., 5 ил.

## Description [Описание изобретения]:

Изобретение относится к медицинской технике и может быть использовано в стоматологии.

Известен способ удаления начальных кариозных повреждений и/или камней зуба (патент USA 4521194, А 61 С 05/00, приоритет 22.12.83), включающий обработку твердых тканей зуба импульсным лазерным излучением. Основным недостатком данного способа является высокая опасность нанесения лазерной травмы при обработке твердых тканей зуба.

Наиболее близким по технической сущности и принятым за прототип является способ лечения неосложненного кариеса (а.с. СССР N 1593669, А 61 С 5/00, приоритет 14.11.85, опубл. 23.09.90 БИ N 35), включающий обработку твердых тканей зуба лазерным излучением с длиной волны 2,94 мкм, длительностью импульсов 100 500 мкс, мощностью 0,5 1,0 Дж/имп, плотностью мощности  $2 \cdot 10^4 \pm 3 \cdot 10$  Вт/см<sup>2</sup>, частотой 1 Гц, экспозицией 3-30 с. Основным недостатком прототипа является опасность нанесения лазерной травмы при обработке тканей зуба, связанная с отсутствием в прототипе процедуры определения типа обрабатываемой ткани.

Известно устройство для обработки твердых тканей зуба лазерным излучением (патент WO 89/08432, А 61 С 5/00, приоритет 10.03.89), включающее последовательно расположенные вдоль оптической оси импульсный лазер и средство доставки излучения к зубу в виде оптического волокна. Основным недостатком данного устройства является высокая опасность нанесения лазерной травмы при обработке твердых тканей зуба.

Наиболее близким по технической сущности и принятым за прототип является устройство для обработки твердых тканей зуба лазерным излучением (патент WO 90/01907, А 61 С 5/00, приоритет 25.08.89), содержащее последовательно расположенные вдоль оптической оси импульсный лазер, а также средство доставки и фокусировки лазерного излучения, включающее отрезок оптического волокна, вход которого оптически сопряжен с выходом лазера, и фокусирующей системы, вход которой оптически сопряжен с выходом оптического волокна, а выход является выходом устройства. Основным недостатком прототипа является опасность нанесения лазерной травмы при обработке тканей зуба, связанная с отсутствием в прототипе системы определения типа обрабатываемой ткани.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является снижение опасности нанесения пациенту лазерной травмы за счет обеспечения возможности определения типа обрабатываемой ткани.

Указанная задача достигается тем, что в способе обработки твердых тканей зуба лазерным излучением, включающем воздействие на ткани зуба лазерного импульса, регистрируют интенсивность импульса светового излучения продуктов обработки ткани, по пиковому значению которой определяют тип обрабатываемой ткани. Для повышения достоверности определения типа обрабатываемой ткани интенсивность указанного светового излучения регистрируют в спектральном диапазоне 350 500 нм. С той же целью одновременно с регистрацией интенсивности импульса светового излучения измеряют временную задержку между лазерным и световым импульсами, по величине которой уточняют тип обрабатываемой ткани.

Указанная задача также достигается тем, что устройство для обработки твердых тканей зуба лазерным излучением, состоящее из последовательно расположенных вдоль оптической оси импульсного лазера, а также средства доставки и фокусировки лазерного излучения, содержит фотоприемник, вход которого оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы, и измеритель амплитуды электрических импульсов, вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации.

причем фотоприемник установлен таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол альфа, удовлетворяющий условию  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где  $D$  световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а  $f$  ее фокусное расстояние. Для повышения достоверности определения типа обрабатываемой ткани вход фотоприемника оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы через спектральный фильтр с полосой пропускания 350 500 нм. С той же целью устройство дополнительно содержит фоторегистратор и блок измерения временных интегралов, причем вход фоторегистратора оптически сопряжен с выходом лазера, а выход электрически сопряжен со одним из входов блока измерения временных интервалов, второй вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации.

На фиг. 1 представлены: (а) импульс светового излучения продуктов обработки, возникающий при лазерном разрушении дентина, (б) импульс светового излучения продуктов обработки, возникающей при лазерном разрушении эмали, (в) спектральная зависимость отношений импульсов светового излучения продуктов обработки, возникающих при лазерном разрушении дентина и эмали; на фиг. 2 временные диаграммы: (а) интенсивности лазерного импульса, (б) плотности энергии лазерного излучения, падающего на обрабатываемую поверхность, а также интенсивности импульсов светового излучения продуктов обработки, возникающих при разрушении дентина (в) и эмали (г); на фиг. 3 схема устройства по п. 4 формулы изобретения для реализации способа по п.1 формулы; на фиг. 4 схема устройства по п. 5 формулы изобретения для реализации способа по п.2 формулы; на фиг. 5 схема устройства по п. 5 формулы изобретения для реализации способа по п. 3 формулы.

Как известно, к твердым тканям зуба относится эмаль и дентин. Пороги разрушения этих тканей лазерным излучением различаются в несколько раз, причем порог разрушения дентина ниже, чем порог разрушения эмали. При обработке твердых тканей зуба лазерным излучением на обрабатываемой поверхности в видимом диапазоне спектра возникает свечение продуктов обработки в виде эрозионного факела, что делает невозможным визуальный контроль состояния облучаемой поверхности ткани и определение ее типа. Другими словами, врач не в состоянии определить воздействует лазерное излучение на эмаль или дентин непосредственно в процессе обработки. При этом процедура лазерной обработки твердых тканей зуба сопряжена с опасностью нанесения лазерной травмы дентина или пульпы в том случае, если импульсное излучение лазера с энергией превышает порог разрушения эмали попадает на дентин. Основным фактором риска является контузия тканей импульсом отдачи, возникающим при значительном превышении энергии лазерного излучения, падающего на обрабатываемую ткань, над значением порога разрушения. Проведенные авторами экспериментальные исследования режимов обработки твердых тканей зуба лазерным излучением (G.B.Altshuler, A.V.Belikov, A.V.Erofeev "The damage of hard tooth tissues with lazer pulses of different duration", Proceeding 4th International Conference on Laser Application in Life Science, 1992, p.114) позволили выявить приемлемый с точки зрения безопасности процедуры лазерной обработки зуба диапазон значений плотности энергии лазерного излучения. Для эмали допустимым является десятикратное превышение плотности энергии лазерного излучения над пороговым разрушением. Для дентина безопасный диапазон примерно вдвое уже (т.е. допустимо лишь пятикратное превышение плотности энергии лазерного излучения над порогом), что объясняется непосредственной близостью дентина к пульпе.

Для уменьшения опасности нанесения травмы пациенту при обработке твердых тканей зуба лазерным излучением авторы предлагают идентифицировать тип обрабатываемой ткани (эмаль, дентин) по характеристикам импульсов светового излучения продуктов обработки ткани. Авторами экспериментально показано, что пиковая (максимальная) интенсивность импульса светового излучения продуктов

обработки, возникающего при разрушении дентина (фиг. 1а), существенно (в несколько раз) отличается от пиковой интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки, возникающего при разрушении эмали (фиг. 1б). Таким образом, введение в способ обработки тканей зуба операции регистрации интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки, по пиковому значению которой можно определить тип обрабатываемой ткани, дает возможность снижать в случае необходимости энергию излучения, не допуская нанесения лазерной травмы пациенту.

Авторами экспериментально показано также, что наиболее существенное различие пиковых интенсивностей импульсов светового излучения продуктов обработки, возникающих при разрушении эмали и дентина, наблюдается в спектральном диапазоне 350 500 нм. На фиг. 1в изображен график отношения спектров светового излучения продуктов обработки дентина и эмали. Из чертежа видно, что значение отношения максимально именно в спектральном диапазоне 350 500 нм, таким образом, спектральная селекция светового излучения продуктов обработки дает возможность повысить достоверность определения типа обрабатываемой ткани.

При воздействии на ткани зуба импульсного лазерного излучения, энергия которого превышает необходимое для их разрушения значение, наблюдается временная задержка между началом воздействия лазерного импульса и появлением импульса светового излучения продуктов обработки, свидетельствующего о начале разрушения ткани. Величина этой задержки определяется двумя факторами: интенсивностью лазерного излучения на поверхности обрабатываемой ткани и величиной порога ее разрушения (т.е. типом обрабатываемой ткани). На фиг. 2 представлены поясняющие временные диаграммы интенсивности лазерного импульса (а), плотности энергии лазерного излучения, падающего на обрабатываемую поверхность (б), интенсивности импульсов светового излучения продуктов обработки, возникающих при разрушении дентина (в) и эмали (г). На фиг. 2б пунктиром показаны уровни плотности энергии лазерного излучения, соответствующие порогам разрушения эмали и дентина. На фиг. 2в, г видно, что импульс светового излучения продуктов обработки дентина имеет меньшую задержку  $t_d$  относительно начала лазерного импульса, чем импульс светового излучения продуктов обработки эмали  $t_e$ . Таким образом, измерение временных задержек импульсов светового излучения продуктов обработки относительно начала лазерного импульса предоставляет возможность уточнения типа обрабатываемой ткани.

По сведениям авторов совокупность изложенных в формуле изобретения признаков является новой, а само техническое решение удовлетворяет критерию "изобретательский уровень".

Заявляемый способ по п. 1 формулы изобретения может быть реализован, например, с помощью устройства, схема которого представлена на фиг. 3. На чертеже показаны последовательно расположенные вдоль оптической оси лазер 1, средство доставки и фокусировки лазерного излучения 2, вход которого оптически сопряжен с выходом лазера, включающее оптическое волокно 3 и фокусирующую систему 4, а также фотоприемник 5, вход которого оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы, установленный таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$  удовлетворяющий условию:  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где  $D$  - световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а  $f$  ее фокусное расстояние, измеритель амплитуды электрических импульсов 6, вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации 7. Заявляемый способ по п. 2 формулы изобретения может быть реализован, например, с помощью устройства, схема которого представлена на фиг. 4. На чертеже показаны лазер 1, средство доставки лазерного излучения от лазера к зубу 2, вход которого оптически сопряжен с выходом лазера,

включающее оптическое волокно 3 и фокусирующую систему 4, фотоприемник 5, установленный таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$  удовлетворяющий условию:  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где  $D$  световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а  $f$  ее фокусное расстояние, а вход оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы через спектральный фильтр 8 с полосой пропускания 350-500 нм, измеритель амплитуды электрических импульсов 6, выход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации 7. Заявляемый способ по п.3 формулы изобретения может быть реализован, например, с помощью устройства, схема которого представлена на фиг. 5. На чертеже показаны лазер 1, средство доставки лазерного излучения от лазера к зубу 2, вход которого оптически сопряжен с выходом лазера, включающее оптическое волокно 3 и фокусирующую систему 4, фотоприемник 5, установленный таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$  удовлетворяющий условию:  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где  $D$  световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а  $f$  ее фокусное расстояние, измеритель амплитуды электрических импульсов 6, вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации 7, а также блок измерения временных интервалов 9 и фоторегистратор 10, причем вход фоторегистратора оптически сопряжен с выходом лазера, а выход электрически сопряжен со одним из входов блока измерения временных интервалов, второй вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации.

Пример конкретной реализации заявляемого способа состоит в следующем: Перед началом обработки твердых тканей зуба излучением проводят калибровку измерительного тракта устройства. Для этого устанавливают уровень энергии измерительного лазера 1, превышающий значение, соответствующее порогу разрушения эмали. После этого излучение, генерируемое импульсным лазером, через средство доставки 2, включающее оптическое волокно 3 и фокусирующую систему 4, направляют на обрабатываемую поверхность калибровочного образца дентина. Одновременно с этим фоторегистратором 10 регистрируют лазерный импульс в блоке измерения временных интервалов 9 фиксируют момент времени, соответствующий его началу. При разрушении дентина возникает импульс светового излучения продуктов его обработки. Этот световой импульс регистрируют фотоприемником 5, оптически сопряженным с облучаемой зоной. Измерителем амплитуды электрических импульсов 6 фиксируют момент времени, соответствующий началу импульса светового излучения продуктов обработки дентина, и измеряют пиковую интенсивность этого импульса. В блоке измерения временных интервалов определяют задержку начала импульса светового излучения продуктов обработки дентина относительно начала лазерного импульса. В спектральном фильтре 8 производят спектральное преобразование светового излучения продуктов обработки дентина и измеряют пиковую интенсивность импульса светового излучения продуктов обработки дентина в спектральном диапазоне от 350 до 500 нм. Значения пиковой интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки дентина, задержки этого импульса относительно начала лазерного импульса и пиковой интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки дентина в указанном спектральном диапазоне фиксируют в устройстве индикации 7 в качестве эталонных для дентина. После этого излучение, генерируемое импульсным лазером, через средство доставки направляют на обрабатываемую поверхность калибровочного образца эмали. Одновременно с этим регистрируют лазерный импульс и фиксируют момент времени, соответствующий его началу. При разрушении эмали возникает импульс светового излучения продуктов ее обработки. Этот световой импульс регистрируют фотоприемником. Фиксируют момент времени, соответствующий началу импульса светового излучения продуктов обработки эмали,

и измеряют пиковую интенсивность этого импульса. Определяют задержку начала импульса светового излучения продуктов обработки эмали относительно начала лазерного импульса. Производят спектральное преобразование светового излучения продуктов обработки эмали и измеряют пиковую интенсивность импульса светового излучения продуктов обработки эмали в спектральном диапазоне от 350 до 500 нм. Значения пиковой интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки эмали, задержки этого импульса относительно начала лазерного импульса и пиковой интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки эмали в указанном спектральном диапазоне фиксируют в устройстве индикации 7 в качестве эталонных для эмали.

После того, как получены эталонные значения пиковых интенсивностей импульсов светового излучения продуктов обработки эмали и дентина, пиковых интенсивностей импульсов светового излучения продуктов обработки эмали и дентина в спектральном диапазоне 350 500 нм и задержек импульсов светового излучения продуктов обработки эмали и дентина относительно начала лазерного импульса, импульсное лазерное излучение направляют на обрабатываемую поверхность твердой ткани зуба. Регистрируют импульс светового излучения продуктов обработки твердой ткани зуба лазерным излучением. Измеряют пиковую интенсивность данного импульса и сравнивают ее с эталонными значениями пиковых интенсивностей для эмали и дентина. В том случае, если измеренная пиковая интенсивность импульса светового излучения продуктов ткани I удовлетворяет условию:  $I > (I_э + I_д)/2$ , где  $I_э$ ,  $I_д$  эталонные значения пиковой интенсивности импульсов светового излучения продуктов обработки, возникающих при лазерном разрушении эмали и дентина, соответственно, то обрабатываемую твердую ткань зуба определяют как эмаль, в противном случае как дентин.

Для повышения достоверности определения типа обрабатываемой ткани измеряют пиковое (максимальное) значение интенсивности импульса светового излучения продуктов обработки в спектральном диапазоне от 350 до 500 нм. Сравнивают ее с эталонными значениями пиковых интенсивностей импульсов светового излучения продуктов обработки эмали и дентина в указанном спектральном диапазоне. В этом случае, если измеренная пиковая интенсивность импульса светового излучения продуктов обработки ткани в спектральном диапазоне от 350 до 500 нм  $I^s$  удовлетворяет условию:  $I^s < (I_э^s + I_д^s)/2$  где  $I_э^s$ ,  $I_д^s$  эталонные значения пиковой

интенсивности импульсов светового излучения продуктов обработки, возникающих при лазерном разрушении эмали и дентина, соответственно, то обрабатываемую твердую ткань зуба определяют как дентин, в противном случае как эмаль.

Для уточнения типа обрабатываемой ткани зуба с помощью фоторегистратора регистрируют лазерный импульс и фиксируют момент его начала, измеряют задержку между началом лазерного импульса и началом импульса светового излучения продуктов обработки ткани. Сравнивают ее величину с эталонными значениями задержек для эмали и дентина. В этом случае, если измеренная задержка импульса светового излучения продуктов обработки ткани относительно лазерного импульса  $t$  удовлетворяет условию:  $t > (t_э + t_д)/2$ , где  $t_э$ ,  $t_д$  эталонные значения задержек акустических импульсов, возникающих при лазерном разрушении эмали и дентина, соответственно, то обрабатываемую твердую ткань зуба определяют как эмаль, в противном случае как дентин.

Безопасность процедуры обработки твердых тканей зуба лазерным излучением обеспечивается возможностью управления энергией генерации лазера в соответствии с информацией о типе обрабатываемой ткани.

Для получения информации о типе обрабатываемой ткани необходимо регистрировать световое излучение продуктов обработки, возникающие при разрушении ткани лазерным импульсом. Однако, при воздействии на

обрабатываемую ткань лазерным излучением продукты обработки ткани взаимодействуют с лазерным излучением не только в зоне обработки (в фокальной плоскости фокусирующей системы), но и в не ее в тех областях, где лазерный пучок пересекается с эрозионным факелом. В результате такого взаимодействия интенсивность и спектр светового излучения продуктов обработки ткани изменяются неконтролируемым образом. Авторами показано, что для регистрации светового излучения продуктов обработки ткани, несущего информацию об ее типе (эмаль, дентин), необходимо не только обеспечить оптическое сопряжение фотоприемника с зоной облучения ткани (фокальная плоскость фокусирующей системы), но и не допустить попадания на фотоприемник светового излучения той части эрозионного факела, которая взаимодействует с лазерным пучком. Последнее условие можно выполнить в том случае, если направление максимальной чувствительности фотоприемника составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$  удовлетворяющий условию  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где  $D$  световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а  $f$  ее фокусное расстояние. При этом на фотоприемник не попадает световое излучение продуктов обработки ткани, которое возникает внутри эрозионного факела при взаимодействии с лазерным излучением.

Таким образом, предлагаемая в настоящем изобретении конструкция устройства, содержащего фотоприемник, установленный таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$  удовлетворяющий условию: направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$  удовлетворяющий условию  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где  $D$  световой диаметр выходного окна фокусирующей системы, а  $f$  ее фокусное расстояние, является необходимым условием достижения решаемой задачи. Диаграмма направленности фотоприемника на фиг. 3 5 условно показана штриховкой.

По п. 4 формулы изобретения устройство содержит (см. фиг. 3) импульсный лазер 1, выход которого оптически сопряжен со средством доставки излучения от лазера к зубу 2, содержащим последовательно расположенные отрезок оптического волокна 3 и фокусирующую систему 4. Фотоприемник 5 установлен таким образом, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол, удовлетворяющий заявляемому соотношению, а выход фотоприемника через пиковый детектор 6 электрически сопряжен с устройством индикации 7.

По п. 5 формулы изобретения устройство дополнительно содержит (см. фиг. 4) спектральный фильтр 8 с полосой пропускания 350 500 нм, установленный таким образом, что его вход оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы 4, а выход оптически сопряжен со входом фотоприемника 5.

По п. 6 формулы изобретения устройство дополнительно содержит (см. фиг. 5) блок измерения временных интервалов 9 и фоторегистратор 10, причем вход фоторегистратора оптически сопряжен с выходом лазера 1, а выход электрически сопряжен со одним из входов блока измерения временных интервалов, второй вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника 5, а выход электрически сопряжен со входом устройства индикации 7.

Пример конкретной реализации заявляемого устройства состоит в следующем: В качестве источника излучения выбран импульсный лазер 1 на ИСГГ:Сг,Ег. Средство доставки излучения от лазера к зубу 2 выполнено в виде оптически сопряженных отрезка сапфирового волокна 3 и фокусирующей системы 4 со световым диаметром выходного окна 2 мм и фокусным расстоянием 25 мм, причем оптический вход средства доставки излучения оптически сопряжен с выходом лазера. На расстоянии 45 мм от заднего фокуса фокусирующей системы расположен фотоприемник 5 марки ФД24К, установленный таким образом, что направление его максимальной



чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $28^\circ$ . Выход фотоприемника электрически сопряжен через измеритель амплитуды электрических импульсов (осциллограф Ц9-8) 6 с индикатором 7, в качестве которого выбран цифровой вольтметр В4-17.

Дополнительно устройство содержит спектральный фильтр с полосой пропускания 350 500 нм, выполненный в виде плоскопараллельной пластины и установленный таким образом, что его выход оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы 4, а выход оптически сопряжен с фотоприемником 5.

Также устройство дополнительно содержит фоторегистратор 10 на базе фотодиода ФД34, оптически сопряженный с выходом лазера 1 и электрически сопряженный с одним из входов измерителя временных интервалов 9 на базе цифровой осциллографа С9-16. Второй вход измерителя временных интервалов электрически сопряжен с выходом фотоприемника 5. На выходе измерителя временных интервалов задержка между началом лазерного импульса, регистрируемого фоторегистратором, и началом импульса светового излучения продуктов лазерной обработки твердой ткани зуба, регистрируемого фотоприемником, преобразуется в электрический сигнал, амплитуда которого пропорциональна величине временной задержки. Выход измерителя временных интервалов электрически сопряжен с индикатором 7.

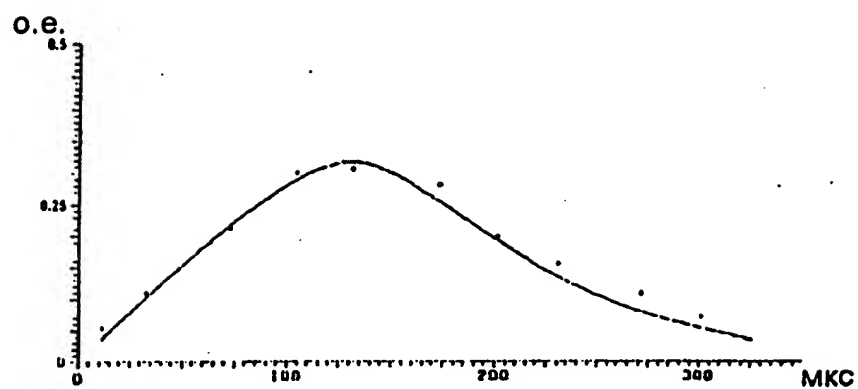
Таким образом, на основании вышеизложенного заявляемая совокупность признаков в способе и устройстве позволяет решить задачу, а именно снизить опасность нанесения травмы пациенту при лазерной обработке твердых тканей зуба при лечении кариеса и протезировании.

Claims [Формула изобретения]:

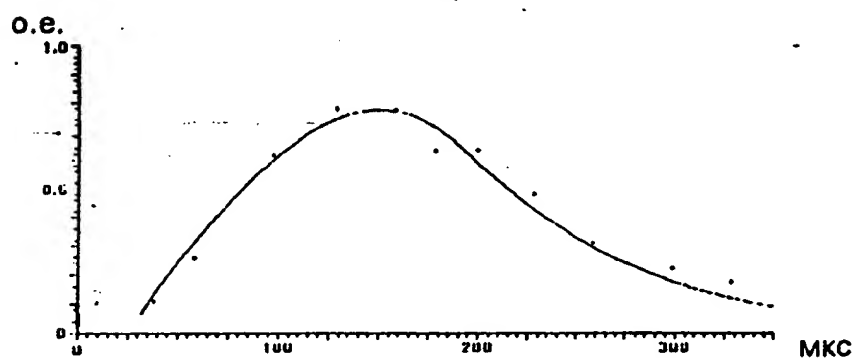
1. Способ обработки твердых тканей зуба лазерным излучением, включающий воздействие на ткани зуба лазерным импульсом, отличающийся тем, что регистрируют интенсивность импульса светового излучения продуктов обработки ткани, по пиковому значению которого определяют тип обрабатываемой ткани.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что интенсивность светового излучения регистрируют в спектральном диапазоне 350 500 нм.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что одновременно с регистрацией интенсивности импульса светового излучения измеряют временную задержку между лазерными световыми импульсами, по величине которой уточняют тип обрабатываемой ткани.
4. Устройство для обработки твердых тканей зуба лазерным излучением, состоящее из последовательно расположенных вдоль оптической оси импульсного лазера, а также средства доставки и фокусировки лазерного излучения, отличающееся тем, что оно содержит фотоприемник, вход которого оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы, и измеритель амплитуды электрических импульсов, вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен с входом устройства индикации, причем фотоприемник установлен так, что направление его максимальной чувствительности составляет с направлением оптической оси на выходе фокусирующей системы угол  $\alpha$ , удовлетворяющий условию  $\alpha > \arctg(D/2f)$ , где D световой диаметр выходного окна фокусирующей системы; f ее фокусное расстояние.
5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что вход фотоприемника оптически сопряжен с фокальной плоскостью фокусирующей системы через спектральный фильтр с полосой пропускания 350 500 нм.
6. Устройство по п. 4, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит фоторегистратор и блок измерения временных интервалов, причем вход фоторегистратора оптически сопряжен с выходом лазера, а выход электрически сопряжен с одним из входов блока измерения временных интервалов, второй вход которого электрически сопряжен с выходом фотоприемника, а выход электрически сопряжен с входом устройства индикации.

RU 2089127 C1

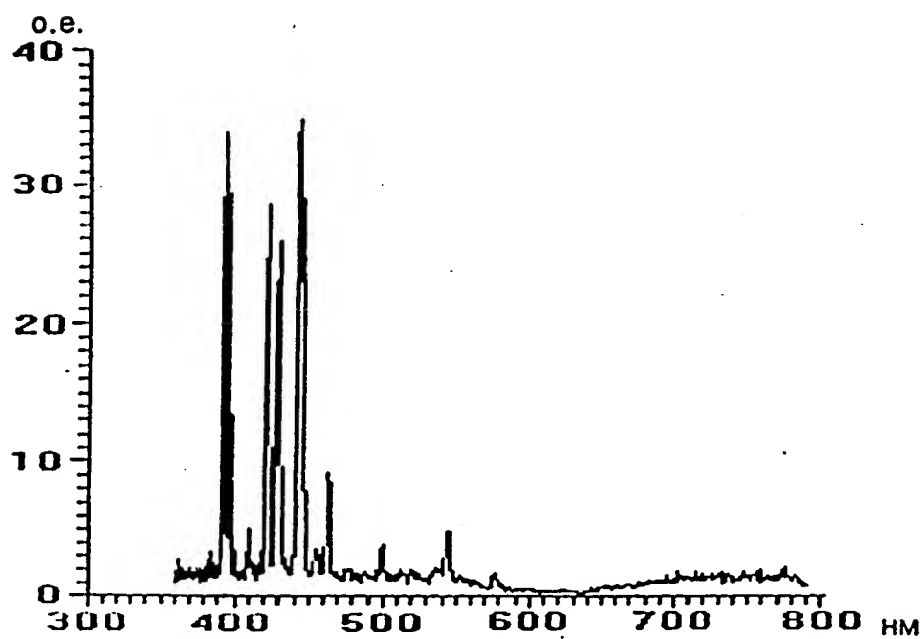
Drawing(s) [Чертежи]:



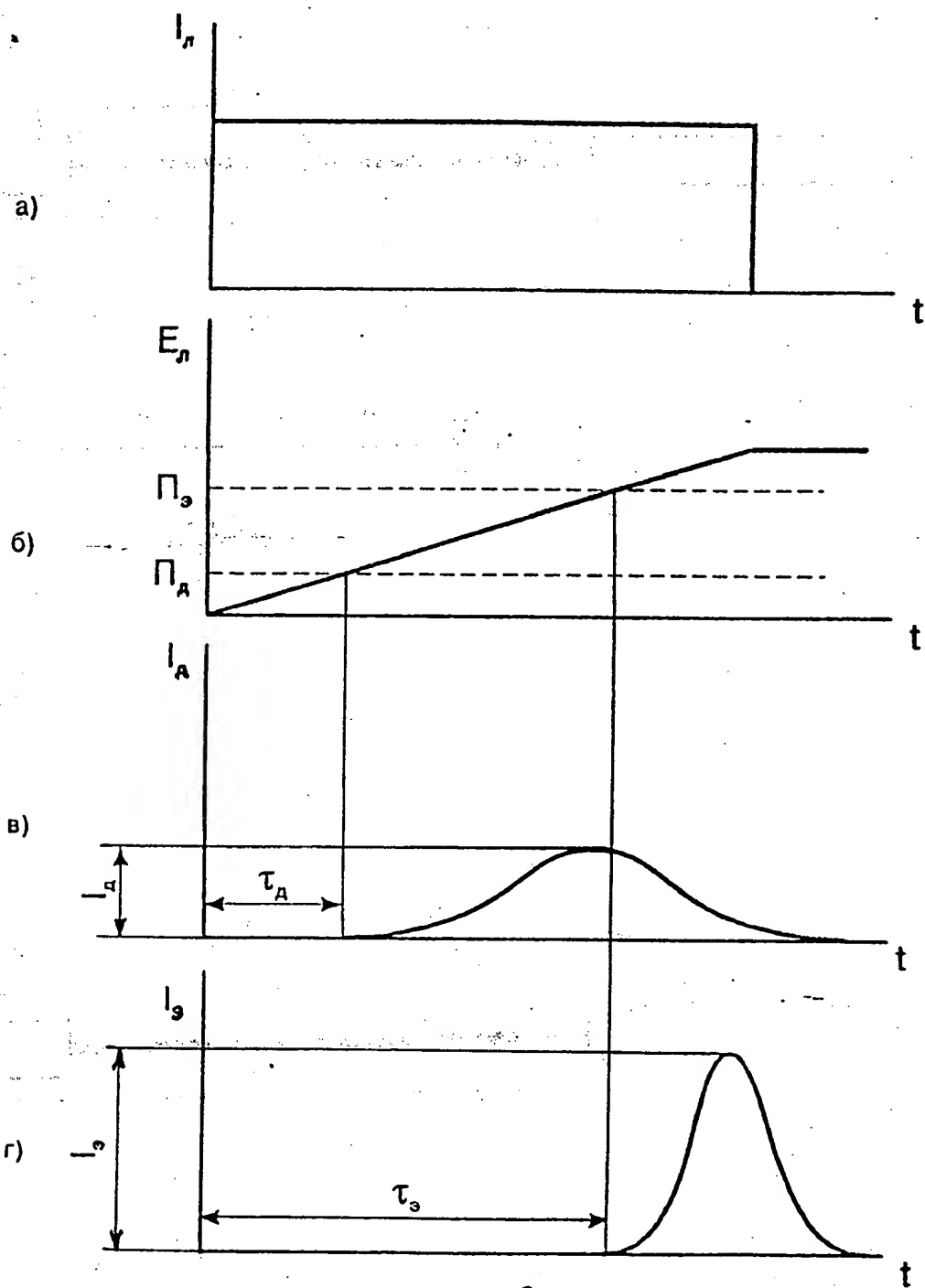
a)



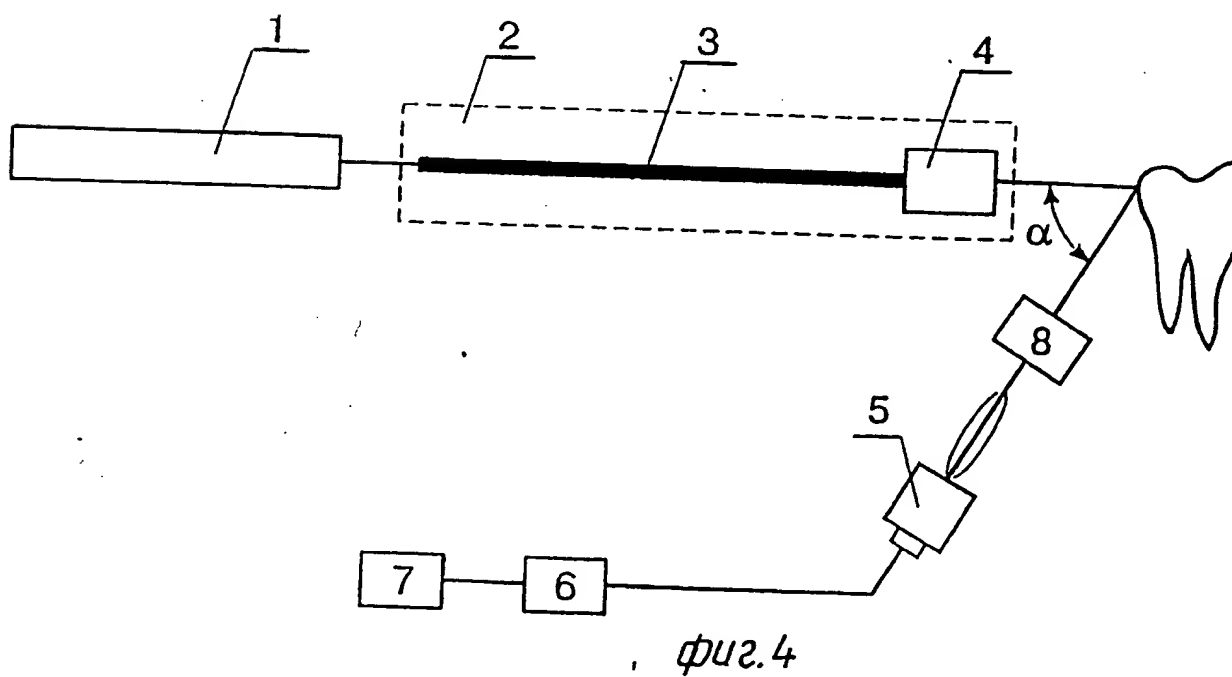
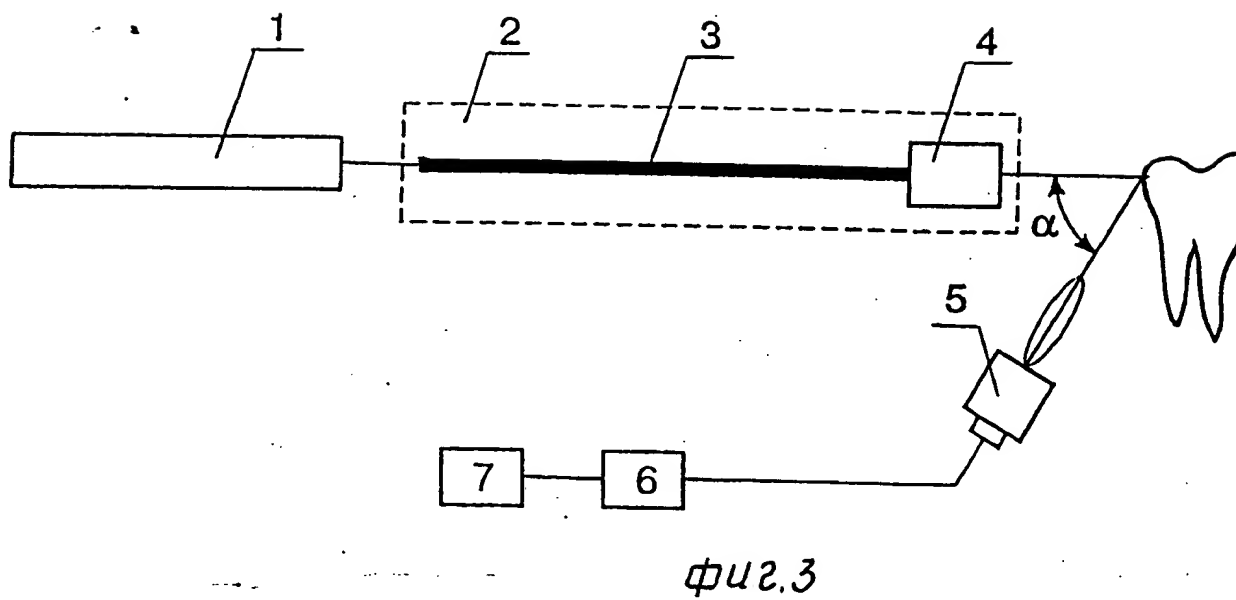
b)

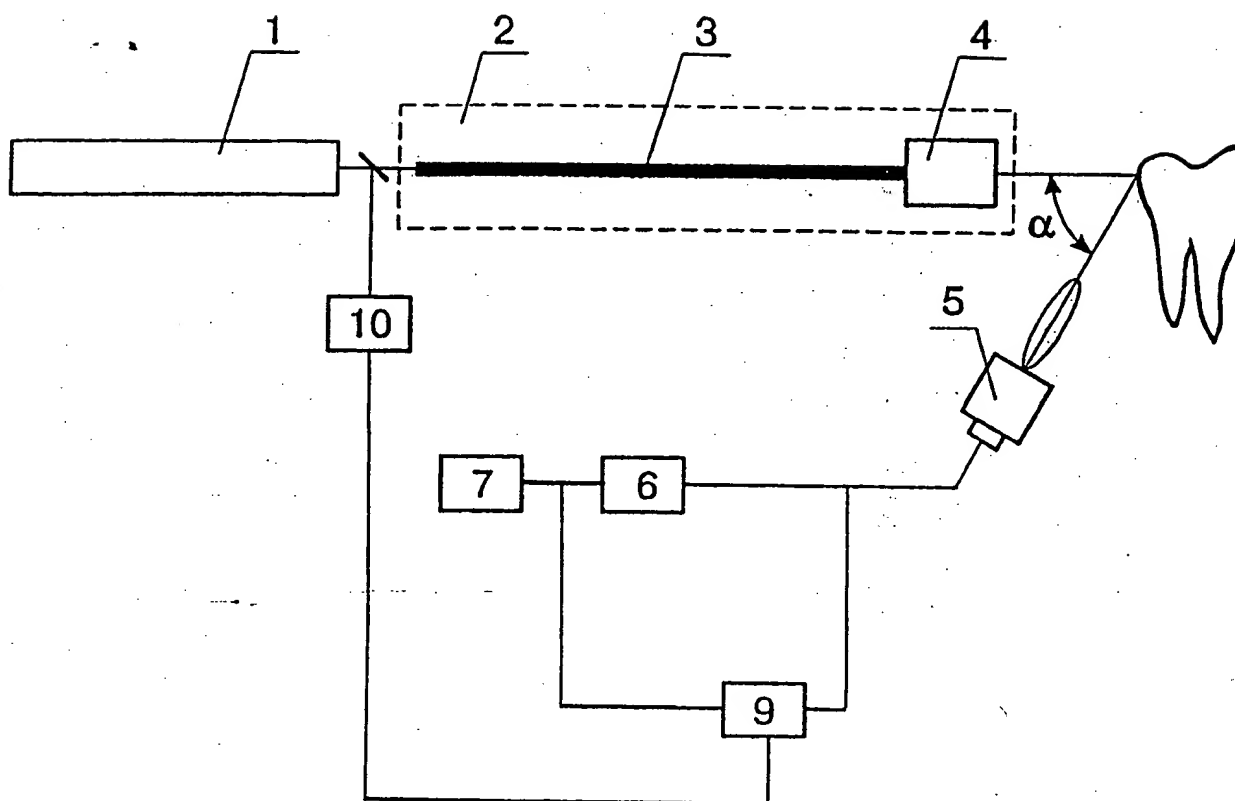


в) *φu2.1*



фиг. 2





фиг. 5

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**